

## IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of	)	
Christian Gruttner et al.	)	Group Art Unit:
Application No.:	)	Examiner:
Filed: December 13, 2004	)	Confirmation No.:
For: METHOD AND ARRANGEMENT FOR	)	
CURING COILS (AS AMENDED)	)	

## SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following priority foreign application in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

Country:	Germany
Patent Application No.:	102 52 435.1
Filed:	November 12, 2002

In support of this claim, enclosed is a certified copy of said foreign application. Said prior foreign application is referred to in the oath or declaration and/or the Application Data Sheet. Acknowledgement of receipt of this certified copy is requested.

Respectfully submitted,

BURNS, DOANE, SWECKER & MATHIS, L.L.P.

Date: December 13, 2004

By: 

Robert S. Swecker  
Registration No. 19,885

P.O. Box 1404  
Alexandria, Virginia 22313-1404  
(703) 836-6620

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND****PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 26 NOV 2003

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

102 52 435.1

**Anmeldetag:**

12. November 2002

**Anmelder/Inhaber:**

ABB T&amp;D Technologies Ltd., Zürich/CH

**Bezeichnung:**Verfahren und Anordnung zur Aushärtung von  
Spulen**IPC:**

H 01 F, C 08 J, B 29 C

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**München, den 4. September 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

ABB T&D Technologies Ltd.

Zürich

Mp.-Nr. 02/640

11. November 2002

PAT 5-Bi/Eh

## Verfahren und Anordnung zur Aushärtung von Spulen

### Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Aushärtung von Spulen, die in einem Wickelverfahren gefertigt wurden, wobei eine Spule zur Aushärtung in einem Ofen angeordnet wird, wobei die Spule auf eine vorgebbare Temperatur aufgeheizt wird, und wobei die Spule zur Vermeidung des Abtropfens von Harz um ihre Längsachse gedreht wird. Zudem betrifft die Erfindung eine Anordnung zur Aushärtung von Spulen.

Allgemein bekannte Verfahren zur Aushärtung von Spulen sehen die folgenden Verfahrensschritte vor. Zunächst wird eine Spule für den Aushärtungsprozess vorbereitet, in dem beispielsweise um einen Spulenkern ein vorisolierter Leiter gewickelt wird. Dabei kann die Wicklung auch in mehreren Lagen erfolgen und gegebenenfalls Zwischenlagen aus Isoliermaterial oder auch eine Abschlusswicklung ausschließlich aus Isoliermaterial erhalten. Sobald die Spule soweit gefertigt wurde, wird sie zur Aushärtung in einen Ofen verbracht.

Ein Teil der aufgetragenen Isolierstoffe ist das sogenannte Isolierharz, oder ähnliche Stoffe, die infolge als Harz oder Reaktionsharz bezeichnet werden sollen. Ein heute übliches Reaktionsharz hat mehrere Bestandteile oder Grundstoffe, die als Harzmischung während des Fertigungsprozesses auf die Spule aufgebracht werden. Bereits die Harzmischung ist mehr oder weniger zähfließend. Durch den Aushärtungsprozess für das Harz, der üblicherweise durch die Aufwärmung der Spule in einem Ofen

beginnt, um die Reaktionszeit zu verkürzen, wird die Viskosität des Harzes zunächst verringert, das Harz also dünnflüssiger und somit die Neigung zum Abtropfen von der Spule erhöht. Aber bereits im zähflüssigen Zustand des Isolierharzes besteht die Gefahr, dass dieses von der Spule abtropft. Um dies zu verhindern, ist es seither üblich, die Spule bereits mit dem Einbringen der Spule in den Ofen kontinuierlich mit einer Drehvorrichtung um ihre Längsachse zu drehen.

Dieser Vorgang dauert bei üblichen Isolierharzen, insbesondere bei den genannten Reaktionsharzen, bis dessen Grundstoffe beschleunigt durch erhöhte Temperaturen chemisch vernetzt sind und das Harz einen verfestigten Endzustand erreicht hat. Nachteilig dabei ist es, dass der Vorgang des Aushärtens vergleichsweise lange Zeit in Anspruch nimmt zum Beispiel 24 Stunden und mehr. Schließlich benötigt der zur Aushärtung eingesetzte Ofen eine bestimmte Zeit um die gesamte Spule gleichmäßig auf die vorgegebene Prozesstemperatur zu erwärmen. Anschließend beginnt dann erst der eigentliche Aushärtungsvorgang.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Anordnung zur Aushärtung von Spulen anzugeben, bei dem beziehungsweise bei der die Prozesszeiten zur Aushärtung einer Spule verkürzt sind.

Diese Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren zur Aushärtung von Spulen mit den in Anspruch 1 genannten Merkmalen.

Demnach ist es bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß vorgesehen, dass der oder die Leiter der Spule von Strom, insbesondere von Gleichstrom, durchflossen und hierdurch beheizt wird beziehungsweise werden.

Die Spule wird also in vorteilhafter Weise nunmehr durch ihren eigenen Leiter oder durch ihre eigenen Leiter beheizt. Das heißt, dass die Spule im Vergleich zu dem seither üblichen Verfahren besonders schnell auf die vorgebbare Temperatur, also die Prozesstemperatur des Aushärtungsvorganges, aufgeheizt wird. Gerade dieser Zeitanteil des Aushärtvorgangs hat seither einen besonders großen Zeitanteil an dem Gesamtverfahren eingenommen, insbesondere weil die Erwärmung der Spule durch den sie umgebenden Ofen ausschließlich über die Spulenoberfläche einge-

bracht werden konnte und derart die Vergleichmäßigung des Temperaturprofils bis zum Erreichen der Prozesstemperatur insbesondere im Spuleninneren vergleichsweise lange dauerte.

Erfindungsgemäß wird nun die Spule, sozusagen von innen, durch den spuleneigenen Stromleiter auf die Prozesstemperatur erwärmt. Hierzu wird der Leiter von Strom durchflossen, wobei sich Gleichstrom in besonders vorteilhafter Weise für diesen Vorgang eignet. Der Leiter wird also sozusagen als Heizleiter zur Erwärmung der Spule eingesetzt und kann auf diese Weise vergleichsweise schnell das erforderliche Temperaturprofil erreichen. Somit ist auch insgesamt die Verfahrenszeit zur Aushärtung von Spulen in vorteilhafterweise verkürzt.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass die Spule in einer vorgebbaren Abfolge an Drehbewegungen um ihre Längsachse hin und her gedreht wird. Zunächst ist festzuhalten, dass das erfindungsgemäße Verfahren ohne weiteres mit dem seither üblichen kontinuierlichen Drehen um die Längsachse der Spule durchführbar ist. Auf den hierfür erforderlichen technischen Aufwand bei einer Anordnung zur Aushärtung von Spulen soll später eingegangen werden. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass es vorteilhaft ist, wenn sich die Drehbewegung der Spule von Zeit zu Zeit umkehrt. Auf diese Weise kann die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens in vorteilhafter Weise vereinfacht werden. Eine erfindungsgemäße Ausgestaltung einer derartigen Vorrichtung wird nachfolgend angegeben und noch näher beschrieben.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des Erfindungsgegenstandes sieht vor, dass die Spule bei einer Drehbewegung in einer Richtung um die Längsachse bis zu ihrem Umkehrpunkt des nächstfolgenden Richtungswechsels einen Winkel ungleich  $360^\circ$  beziehungsweise ungleich ein ganzzahliges Vielfaches davon gedreht wird. Das heißt, dass die jeweiligen Umkehrpunkte beim Richtungswechsel räumlich gesehen nicht jeweils an der selben Stelle stattfinden, sondern jeweils leicht versetzt, nämlich um einen bestimmten Winkelbetrag versetzt, erfolgen. Auf diese Weise ist eine sogenannte Nasen- oder gar Tropfenbildung des erwärmten und somit dünnflüssigen Harzes, insbesondere an den Stellen der Umkehrpunkte, vermieden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch in der nachfolgend beschriebenen Weise auf vorteilhafte Weise ausgestaltet sein. Nach einer bestimmten Anzahl von Hin- und Herdrehungen, bei der ein von  $360^\circ$  verschiedener Drehwinkel gewählt wurde, wandert der Umkehrpunkt entsprechend dem gewählten Drehwinkel immer weiter im Vergleich zu seiner ursprünglichen Position aus. Aus bestimmten Gründen, beispielsweise aufgrund der Stromzuführung mit Kabeln kann dieser Effekt unerwünscht sein. Um diesem Nachteil entgegenzuwirken, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass eine bestimmte Anzahl von Hin- und Herbewegungen und dem daraus folgenden, eben beschriebenen Auswandern der Umkehrpunkte die nachfolgenden Umkehrpunkte jeweils um die Winkeldifferenz, nämlich dem Winkel abzüglich  $360^\circ$  beziehungsweise ein ganzzahliges Vielfaches davon, in entgegengesetzter Richtung des Auswanderns verändert wird. Dieses Auswanderns des Umkehrpunktes in die jetzt entgegen der ursprünglichen Richtung gerichtete Richtung kann solange fortgeführt werden, bis wiederum die bestimmte Anzahl von Hin- und Herbewegungen erreicht ist, also sozusagen das Auswandern in die jetzt entgegengesetzte Auswanderungsrichtung wiederum ihr Maximum erreicht hat.

Des weiteren wird die Aufgabe durch eine Anordnung zur Aushärtung von Spulen mit den in Anspruch 8 genannten Merkmalen gelöst.

Dabei betrifft die Erfindung eine Anordnung zur Aushärtung von Spulen, die im Wickelverfahren gefertigt wurden, mit einem Ofen, mit einer Drehvorrichtung zur Aufnahme und zum Drehen einer in der Drehvorrichtung angeordneten Spule, mit einer Heizvorrichtung zum Beheizen der Spule und mit einer Steuerungsvorrichtung. Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass der oder die Leiter der Spule Stromdurchflossen ist beziehungsweise sind und derart wenigstens ein Beitrag zur Beheizung der Spule erfolgt.

Das heißt, dass der oder die Leiter der Spule durch den Stromfluss durch diese hindurch als Heizelement benutzt wird. Derart wird die Spule sozusagen von Innen heraus beheizt im Unterschied zu der seitherigen Beheizung durch den Ofen selbst von außen über die Spulenoberfläche. Es ist auch innerhalb des Erfindungsgedanken, dass der Ofen den Aushärtungsprozess unterstützend, wie seither beheizbar ist. Vorteilhaft bei der erfindungsgemäßen Anordnung ist es zudem, dass der Leiter der

Spule mit demjenigen Isolationsmaterial umgeben ist welches zur Aushärtung vorgesehen ist. Das heißt, dass überall dort, wo sich der Leiter befindet und somit ein Bereich in dem die Erwärmung durch den Leiter erfolgt, auch Isolationsmaterial zur Aushärtung angeordnet ist. Auf diese Weise kann in vergleichsweise kurzer Zeit eine gleichmäßige erforderliche Prozesstemperatur für den Aushärtungsprozess erreicht werden.

Diese sogenannte Aufwärmphase benötigt auch im Vergleich zur gesamten Zeitdauer der Aushärtung eine vergleichsweise lange Zeit. Mit der Verkürzung insbesondere dieser Phase, nämlich der Aufwärmspanne, ist auch die Gesamtdauer des Aushärtvorganges in vorteilhafterweise verkürzt.


In einer vorteilhaften Weiterbildung des Erfindungsgegenstandes ist es vorgesehen, dass die Drehvorrichtung einen Schleifring aufweist, mittels dem Strom von der Heizvorrichtung zur Spule übertragbar ist. Mit der Erwärmung der Spule, insbesondere des Leiters und der zugehörigen Isolierung, wird auch das Isolierharz als Teil der Isolierung erwärmt und somit erweicht.

Um der Gefahr des Abtropfens von Isolierharz zu vermeiden, ist es vorgesehen, dass die Spule in ihrer Drehvorrichtung gedreht wird. Der erfindungsgemäß vorgesehene Schleifring gewährleistet, dass auch während der Drehbewegung der Drehvorrichtung die Spule beziehungsweise der Leiter der Spule, mit dem erforderlichen Strom versorgt werden kann.

Eine erfindungsgemäß vorgesehene Alternative zum Schleifring besteht darin, dass die Spule mittels Kabeln mit der Heizvorrichtung verbunden ist. Das heißt, dass die Anordnung zur Aushärtung von Spulen vereinfacht ist. Ein vergleichsweise teurer und technisch aufwendiger Schleifring kann nämlich ersatzlos entfallen.


Eine vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anordnung, bei der die Spule mittels Kabel mit der Heizvorrichtung verbunden ist, sieht vor, dass die Spule mit der Drehvorrichtung um ihre Längsachse hin- und herdrehbar ist.

Hierbei ist es vorteilhaft, dass die prinzipielle Beschränkung, die durch die Verbindung der Spule mit der Heizvorrichtung mittels Kabel, vorhanden ist, dadurch vermieden ist, dass die Spule um ihre Längsachse hin- und herdrehbar ist. Dabei kann die Hin- beziehungsweise die Herdrehung der Spule bis zur maximalen Länge des Kabels, welches die Spule mit der Heizvorrichtung verbindet, ausgenützt werden. Auf diese Weise ist es ermöglicht, dass trotz der Einschränkungen durch das Kabel bei der Drehbarkeit der Spule eine Abtropfen von Isolierharz verhindert werden kann.



Zur Steuerung der Drehbewegungen der Spule ist eine Steuerungseinrichtung vorgesehen. Hier kann es vorteilhaft sein, wenn die Umkehrpunkte von der Hin- in die Herdrehung oder umgekehrt nach einem zuvor festgelegten Muster oder nach einer Abfolge von Drehbewegungen erfolgt. Es ist aber auch innerhalb des Erfindungsgeankens, wenn die Steuerungseinrichtung dafür vorgesehen ist, dass die Umschaltung der Drehbewegung von einer Hin- in eine Herbewegung oder umgekehrt durch Grenzwertgeber, beispielsweise einen Endschalter, erfolgt. Zudem ist es auch vorteilhaft, wenn die Steuerungseinrichtung in der Steuerungsvorrichtung enthalten ist. Dann kann sozusagen die Steuerungseinrichtung als separate Komponente entfallen und die erfindungsgemäße Anordnung ist in vorteilhafterweise vereinfacht.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Erfindungsgegenstandes sind den abhängigen Ansprüchen zu entnehmen.



Anhand den in den Zeichnungen angegebenen Ausführungsbeispielen sollen die Erfindung, ihre Vorteile sowie weitere Verbesserungen der Erfindung näher erläutert und beschrieben werden.

Es zeigen:

- |        |  |
|--------|--|
| Fig. 1 | Ein Beispiel einer Anordnung zur Aushärtung von Spulen,      |
| Fig. 2 | eine erste Skizze einer Abfolge von Hin- und Herbewegungen   |
|        | und  |
| Fig. 3 | eine zweite Skizze einer Abfolge von Hin- und Herbewegungen. |



Fig. 1 zeigt ein Beispiel einer ersten erfindungsgemäßen Anordnung 10 mit einem Ofen 12, in dem ein Gestell 14 angeordnet ist und das zur Aufnahme von Spulen dient, die ausgehärtet werden sollen. Eine erste Spule 16 ist in dem Gestell 14 angeordnet und dort frei drehbar gelagert. Ein Wellenende 18 der Spule 16 ist mit einer Antriebswelle 20 einer Drehvorrichtung 22 verbunden. Der nicht näher dargestellte Antrieb der Drehvorrichtung 22 ist in dem gewählten Beispiel außerhalb des Ofens 12 angeordnet und nur die Antriebswelle 20 greift an einer Stelle einer Wand des Ofens 12 durch diese durch.

Des weiteren ist eine Steuerungsvorrichtung 24 gezeigt, die ebenfalls außerhalb des Ofens angeordnet ist und mittels eines ersten 26 und eines zweiten Verbindungskabels 28 mit zwei Anschlussstellen 30 an der ersten Spule 16 mit der nicht näher dargestellten Leiterwicklung der ersten Spule 16 verbunden ist.

In dem gewählten Beispiel hat der Ofen 12 keine separate Vorrichtung zum Beheizen des Ofens. Darüber hinaus soll auch die Steuerungseinrichtung, die zur Steuerung der Drehvorrichtung, also der Drehbewegungen der Antriebswelle 20, in der Drehvorrichtung 22 integriert sein, ist in dieser Figur also nicht als eigene Komponente dargestellt. Es ist jedoch ohne weiteres denkbar und innerhalb des Erfindungsgedankens, dass die Steuerungseinrichtung der Drehvorrichtung 22 so ausgelegt ist, dass sie die Funktionen der Steuerungsvorrichtung 24 mit übernimmt oder umgekehrt, dass die Steuerungsvorrichtung 24 derartig ausgelegt ist, dass die Drehvorrichtung 22 mit ansteuern kann.

In dem Beispiel läuft das erfindungsgemäße Verfahren zur Aushärtung wie folgt ab. Zunächst wird die erste Spule 16 zur Aushärtung in den Ofen 12 verbracht. Das Wellenende 18 wird mit der Antriebswelle 20 verbunden und das erste 26 beziehungsweise das zweite Verbindungskabel 28 wird jeweils an eine der Anschlussstellen 30 angeschlossen. Mit dem Start des Aushärtungsvorgangs schaltet die Steuerungsvorrichtung 24 Strom auf die Verbindungskabel 26, 28 durch, so dass der Leiter der Spule von Strom durchflossen wird und sich derart erwärmt. In einer ersten Phase des Aushärtungsvorganges wird die gesamte Spule durch den Aufheizvorgang im Leiter vergleichsweise schnell auf eine vorgebbare Aushärtungstemperatur erwärmt. Der Leiter ist üblicherweise wendelförmig um einen Spulenkern gewickelt. Durch die-

se Anordnung wird der Erwärmungsprozess, insbesondere die Vergleichmäßigung des Erwärmungsprozesses, in günstiger Weise unterstützt.

Ab dem Zeitpunkt, bei dem die Erweichungstemperatur eines Isolierharzes um den Leiter erreicht ist, beginnt die Drehvorrichtung 22 die erste Spule 16 um ihre Längsachse zu drehen. Der Drehvorgang kann aber auch bereits zu einem früheren Zeitpunkt gestartet werden, insbesondere dann, wenn die auszuhärtende Isolierhartmischung vergleichsweise dünnflüssig ist, wird der Drehvorgang gegebenenfalls bereits mit dem Auftragen der Isolierharzmischung gestartet. In diesem Fall ist die eingangs genannten Montagefolge entsprechend anzupassen.

Im gewählten Beispiel ist der Leiter der ersten Spule 16 mit den Verbindungskabeln 26, 28, ohne Zwischenschaltung eines Schleifringes, direkt mit der Steuerungsvorrichtung 24 verbunden. In diesem Fall wird die Drehvorrichtung so eingestellt, dass die Drehbewegung nicht nur um die Längsachse in einer Richtung erfolgt, sondern dass die erste Spule 16 um ihre Längsachse hin- und herdreht. Dieses Hin- und Herdrehen soll in den Figuren 2 und 3 näher erläutert werden.

Fig. 2 zeigt die erste Spule 16 in einer Draufsicht auf ihre Längsachse 32. Zur Veranschaulichung ist ein kartesisches Koordinatensystem 34 mit einer X-Achse 36 und mit einer Y-Achse 38 gezeigt, wobei der Ursprung des Koordinatensystems 34 in dieser Ansicht mit der Längsachse die sich wiederum in dieser Ansicht nur als Punkt darstellt, zusammenfällt.

Die Ausgangsstellung der ersten Spule 16, die beispielsweise durch die Lage der Anschlussstellen 30 definiert sein kann, soll in dem gewählten Beispiel auf der Y-Achse liegen. Die erste Bewegung der ersten Spule 16 soll entgegen des Uhrzeigersinns vorgenommen werden und ist durch die erste Bewegungsbahn 40 gezeigt. Die erste Bewegungsbahn 40 beschreibt einen Winkel, in diesem Beispiel von circa  $370^\circ$ , das heißt, dass die Anschlussstellen 30 nach durchlaufen eines Vollkreises leicht über ihre Ursprungslage sozusagen überschwingen, bis zu einem ersten Umkehrpunkt 42, der um den Winkel Alpha, hier  $10^\circ$ , im Uhrzeigersinn, also in positiver Drehrichtung, von der Ausgangslage verdreht ist. Mit Erreichen des ersten Umkehrpunktes 42 schaltet die Drehvorrichtung 22 die Drehrichtung von einer Hin- in eine im

Uhrzeigersinn verlaufende Herdrehung um und die erste Spule 16 bewegt sich nun in die entgegengesetzte Drehrichtung. Dies ist durch die Darstellung der zweiten Bewegungsbahn 44 veranschaulicht. Die Herbewegung dauert nun so lange an, bis die Stelle des ersten Umkehrpunktes 42 wieder erreicht wird. Das heißt, dass die zweite Bewegungsbahn 44 einen Vollkreis, also  $360^\circ$ , beschreibt. Nun dreht sich die Richtung der Drehbewegung wiederum um, so dass in der Folge eine Bewegung entsprechend einer dritten Bewegungsbahn 46 gezeigt ist, die ausgehend vom ersten Umkehrpunkt 42 wiederum  $370^\circ$  beschreibt, bis sie einen zweiten Umkehrpunkt 48 erreicht, der entsprechend einen Winkel von zwei mal Alpha, also hier  $20^\circ$ , von der Y-Achse verdreht dargestellt ist. Nach einer weiteren Umkehr der Drehrichtung zeigt eine vierte Bewegungsbahn 50 eine vom beschriebenen Winkel her gesehen der zweiten Bewegungsbahn 44 entsprechende Bewegung, nämlich wiederum einen Vollkreis, bis wiederum der zweite Umkehrpunkt 48 erreicht ist. Schließlich erreicht die erste Spule 16 einen dritten Umkehrpunkt 54, in dem sie entsprechend einer fünften Bewegungsbahn 52 entgegen den Uhrzeigersinn wiederum um  $370^\circ$  verdreht wird. Der dritte Umkehrpunkt 54 ist demgemäß um  $30^\circ$  gegenüber der Y-Achse verdreht.

In dem gewählten Beispiel soll der dritte Umkehrpunkt 54 die maximal zulässige Verdrehung der Umkehrpunkte, hier also um maximal  $30^\circ$  gegenüber der Y-Achse, darstellen. Ist dieser Punkt erreicht, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Verdrehung, die in diesem Fall entgegen dem Uhrzeigersinn begonnen hat, nunmehr in die entgegengesetzte Richtung erfolgen soll, dass Auswandern der Umkehrpunkte also im Uhrzeigersinn erfolgt. Dies ist in der nächsten Figur näher beschrieben.

Fig. 3 zeigt also das Auswandern von Umkehrpunkten in Richtung des Uhrzeigersinns anhand eines Beispiels, bei dem die Ausgangslage der ersten Spule 16 wiederum die neutrale Lage, beispielsweise der Anschlussstellen 30 auf der X-Achse ist. Es ist jedoch ohne weiteres vorstellbar, dass das nachfolgend beschriebene Auswandern in Uhrzeigerrichtung auch ausgehend vom dritten Umkehrpunkt 54 erfolgen kann.

Im Beispiel gemäß Fig. 3 sind, wie auch in der vorstehenden beschriebenen Fig. 2, fünf Bewegungsbahnen 56 gezeigt, wobei die zuerst ausgeführte Bewegung der

Spule, hier dargestellt durch die am weitesten radial innen liegende Bewegungsbahn 56, in Drehrichtung des Uhrzeigersinns erfolgt und einen Winkel von  $370^\circ$  umfasst bis ein vierter Umkehrpunkt 58 erreicht ist. Nach einer entsprechenden Her- und Hinbewegung der ersten Spule 16 ist entsprechend ein fünfter Umkehrpunkt 60 erreicht und nach einer weiteren Her- und Hindrehbewegung ein sechster Umkehrpunkt 62. Entsprechend dem gewählten Beispiel ist also der sechste Umkehrpunkt 62 um  $30^\circ$  im Drehrichtung des Uhrzeigersinns gegenüber der Y-Achse versetzt gelegen.

Würden die vorgehend beschriebenen Bewegungsbahnen durch die erste Spule 16 sowohl von Fig. 2 als auch von Fig. 3 nacheinander ausgeführt werden, käme die Endlage nach erfolgter Bewegung der Anschlussstellen 30 wiederum auf der Y-Achse zu liegen. Danach könnte dann mit einer Bewegung entsprechend der Fig. 2 oder wahlweise mit einer Bewegung entsprechend der Fig. 3 weiter verfahren werden. Auf diese Weise ist erreicht, dass die Umkehrpunkte, jeweils räumlich gesehen, nicht mit der gleichen Spulenstellung zusammenfallen und demgemäß das gegebenenfalls dünnflüssig Isolierharz, insbesondere auf der Außenseite der ersten Spule 16 schwerkraftbedingt nicht jeweils an der gleichen Stelle einen Umkehrpunkt findet und demgemäß auch nicht an einer einzelnen Umkehrstelle zur Tropfenbildung neigt.

Auch die folgenden Beispiele, ohne Bezug zu den dargestellten Figuren, zeigen die Vorteilhaftigkeit der Erfindung.

Bereits die Drehung der Spule um ihre Längsachse um jeweils einen fast beliebigen Winkel nach links und den gleichen fast beliebigen Winkel nach rechts, wobei der Winkel insbesondere ungleich  $360^\circ$  oder eines Vielfachen davon ist, für eine beliebige Anzahl von Zyklen, also einer Zyklenzahl größer als 1, führt zu wenigstens zwei unterschiedlich gelegenen Umkehrpunkten. Dies ist eine erste Verbesserung, welche die Tropfenbildung des Isolierharzes vermeidet.

Eine weitere Verbesserung ist erreicht, wenn bei der Drehung nach links einen anderen Winkel verwendet als bei der Drehung nach rechts. Beide Winkel können prinzipiell beliebig gewählt werden. Wird zum Beispiel zunächst  $362^\circ$  nach links und danach  $357^\circ$  nach rechts gedreht, resultiert nach einer Hin- und Herbewegung, also

einem Zyklus, einen Differenzwinkel von  $5^\circ$  und somit nach 72 Zyklen dieser Art wird der ursprüngliche Umkehrpunkt wieder erreicht. Anschließend, wahlweise aber auch nach weniger Zyklen, könnte sich die Umkehrung des Prozesses anschließen, also zunächst  $357^\circ$  nach links und anschließend  $262^\circ$  nach rechts gedreht werden, um einen Zyklus zu erhalten.

Der Prozeß des Drehens kann selbstverständlich auch mit der Drehrichtung "rechts" beginnen.

Ein weiterer Vorteil, insbesondere in bezug auf das Anschließen von festen Kabelverbindungen, ergibt sich, wenn bei der Hindrehung ein kleinerer Winkel gewählt wird, als bei der Rückdrehung. Betrachtet man das Beispiel Hinbewegung  $350^\circ$  und Herbewegung  $360^\circ$  für 36 Zyklen und anschließend die Umkehrung für 36 Zyklen stellt man fest, daß sich die Spule absolut zwischen  $-360^\circ$  und  $+360^\circ$  bewegt.

Wählt man für die Hinbewegung  $360^\circ$  und für die Rückbewegung  $350^\circ$  für die gleichen Zyklen bewegt sich die Spule absolut zwischen  $0^\circ$  und  $+720^\circ$ .

Daher ist bei festen Kabelverbindungen die erste Variante vorteilhaft, wobei aber auch die zweite Variante ohne weiteres realisierbar ist..

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Aushärtung von Spulen (16), die in einem Wickelverfahren gefertigt wurden, wobei eine Spule (16) zur Aushärtung in einem Ofen (12) angeordnet wird, wobei die Spule (16) auf eine vorgebbare Temperatur aufgeheizt wird, und wobei die Spule (16) zur Vermeidung des Abtropfens von Harz um ihre Längsachse (32) gedreht wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der oder die Leiter der Spule (16) von Strom, insbesondere von Gleichstrom, durchflossen und hierdurch beheizt wird beziehungsweise werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spule (16) in einer vorgebbaren Abfolge von Drehbewegungen um ihre Längsachse (32) hin- und hergedreht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die vorgebbare Temperatur durch eine Steuerungsvorrichtung (24) entsprechend einem zuvor gewählten Temperaturverlauf verändert wird.

4. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Spule (16) bei einer Drehbewegung in einer Richtung um die Längsachse (32) bis zu ihrem Umkehrpunkt (42, 48, 54, 58, 60, 62) des nächstfolgenden Richtungswechsels einen Winkel ungleich  $360^\circ$  beziehungsweise ungleich ein ganzzahliges Vielfaches davon gedreht wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Spule (16) in einer Gegendrehung nach dem erfolgten nächsten Richtungswechsel bis zum darauffolgenden weiteren Umkehrpunkt (42, 48, 54, 58, 60, 62) einen Winkelbetrag von  $360^\circ$  beziehungsweise ein ganzzahliges Vielfaches davon gedreht wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass nach einer vorher bestimmten Anzahl von Hin- und Herdrehungen der Winkel einmalig um die dop-

pelte Winkeldifferenz, nämlich der Winkel abzüglich  $360^\circ$  beziehungsweise ein ganzzahliges Vielfaches davon, verändert wird, so dass der nachfolgende Umkehrpunkt um eine Winkeldifferenz auf der entgegengesetzt liegenden Seite einer  $360^\circ$  Stelle liegen als zuvor.

7. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Hin- und Herbewegung nach Erreichen eines bestimmten Abbruchkriteriums, insbesondere nach einer bestimmten Zeit, aufgrund eines bestimmten Härtegrades der Isolierung oder aufgrund des Erreichens eines bestimmten Kennwertes eines Stoffes, beendet wird.

8. Anordnung zur Aushärtung von Spulen (16), die im Wickelverfahren gefertigt wurden, mit einem Ofen (12) zur Aufnahme der Spule (16), mit einer Drehvorrichtung (22) zur Aufnahme und zum Drehen einer in der Drehvorrichtung (22) angeordneten Spule (16), mit einer Heizvorrichtung zum Beheizen der Spule (16) und mit einer Steuerungsvorrichtung (24) zur Steuerung der Heiz- und gegebenenfalls der Drehvorgänge, **dadurch gekennzeichnet, dass** der oder die Leiter der Spule (16) mit der Heizvorrichtung verbunden ist beziehungsweise sind, und dass der oder die Leiter zur Beheizung der Spule (16) stromdurchflossen ist beziehungsweise sind.

9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehvorrichtung (22) einen Schleifring aufweist, mittels dem Strom von der Heizvorrichtung zu der Spule (16) übertragbar ist.

10. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Spule (16) mittels Kabeln (26) mit der Heizvorrichtung verbunden ist.

11. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Spule (16) mit der Drehvorrichtung (22) um die Längsachse (32) hin- und herdrehbar ist.

12. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuerungseinrichtung (24) vorgesehen ist, mittels der insbesondere die Drehbewegungen der Spule (16) steuerbar sind.

13. Anordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung in der Steuerungsvorrichtung (24) einhalten ist.



## Verfahren und Anordnung zur Aushärtung von Spulen

### Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Aushärtung von Spulen 16, die in einem Wickelverfahren gefertigt wurden, wobei eine Spule 16 zur Aushärtung zunächst in einem Ofen 12 angeordnet wird. Die Spule 16 wird auf eine vorgebbare Temperatur aufgeheizt und zur Vermeidung des Abtropfens von Harz um ihre Längsachse 32 gedreht. Der oder die Leiter der Spule 16 wird beziehungsweise werden von Strom, insbesondere von Gleichstrom, durchflossen und derart beheizt. Zudem betrifft die Erfindung eine Anordnung zur Aushärtung von Spulen 16, mit der das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden kann.

Signifikante Fig.: Fig.1

Bezugszeichenliste

10	erste Anordnung
12	Ofen
14	Gestell
16	erste Spule
18	Wellenende
20	Antriebswelle
22	Drehvorrichtung
24	Steuerungsvorrichtung
26	erstes Verbindungskabel
28	zweites Verbindungskabel
30	Anschlussstellen
32	Längsachse
34	Koordinatensystem
36	X-Achse
38	Y-Achse
40	erste Bewegungsbahn
42	erster Umkehrpunkt
44	zweite Bewegungsbahn
46	dritte Bewegungsbahn
48	zweiter Umkehrpunkt
50	vierte Bewegungsbahn
52	fünfte Bewegungsbahn
54	dritter Umkehrpunkt
56	Bewegungsbahnen
58	vierter Umkehrpunkt
60	fünfter Umkehrpunkt
62	sechster Umkehrpunkt

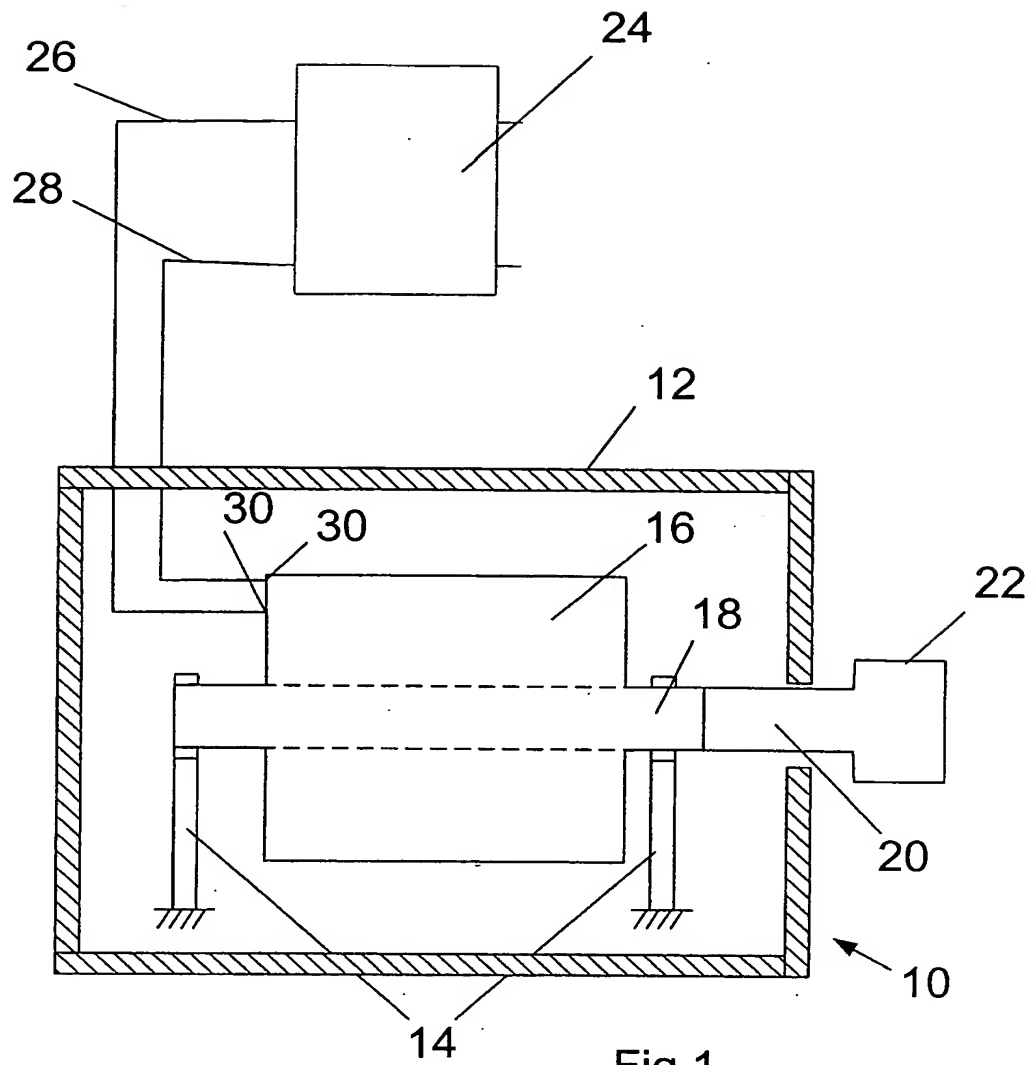


Fig.1

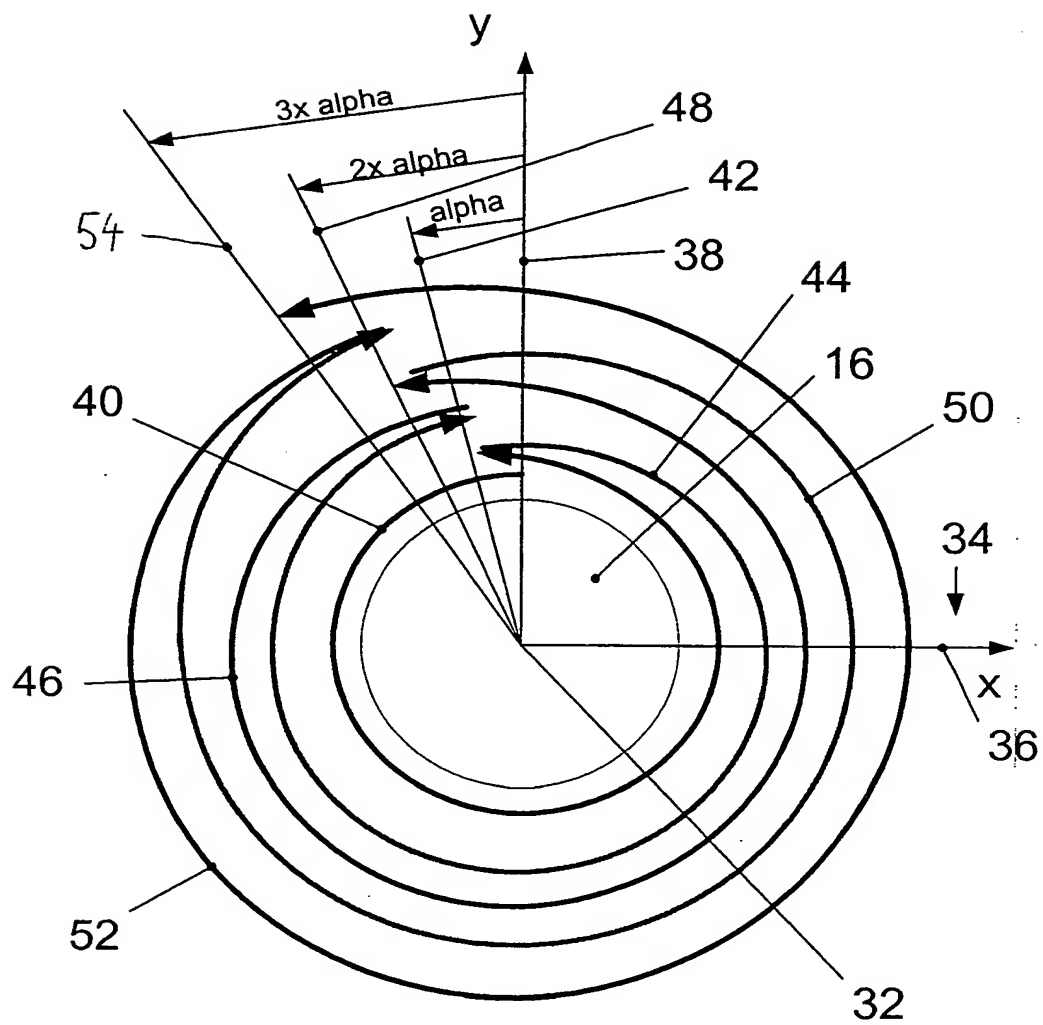


Fig. 2

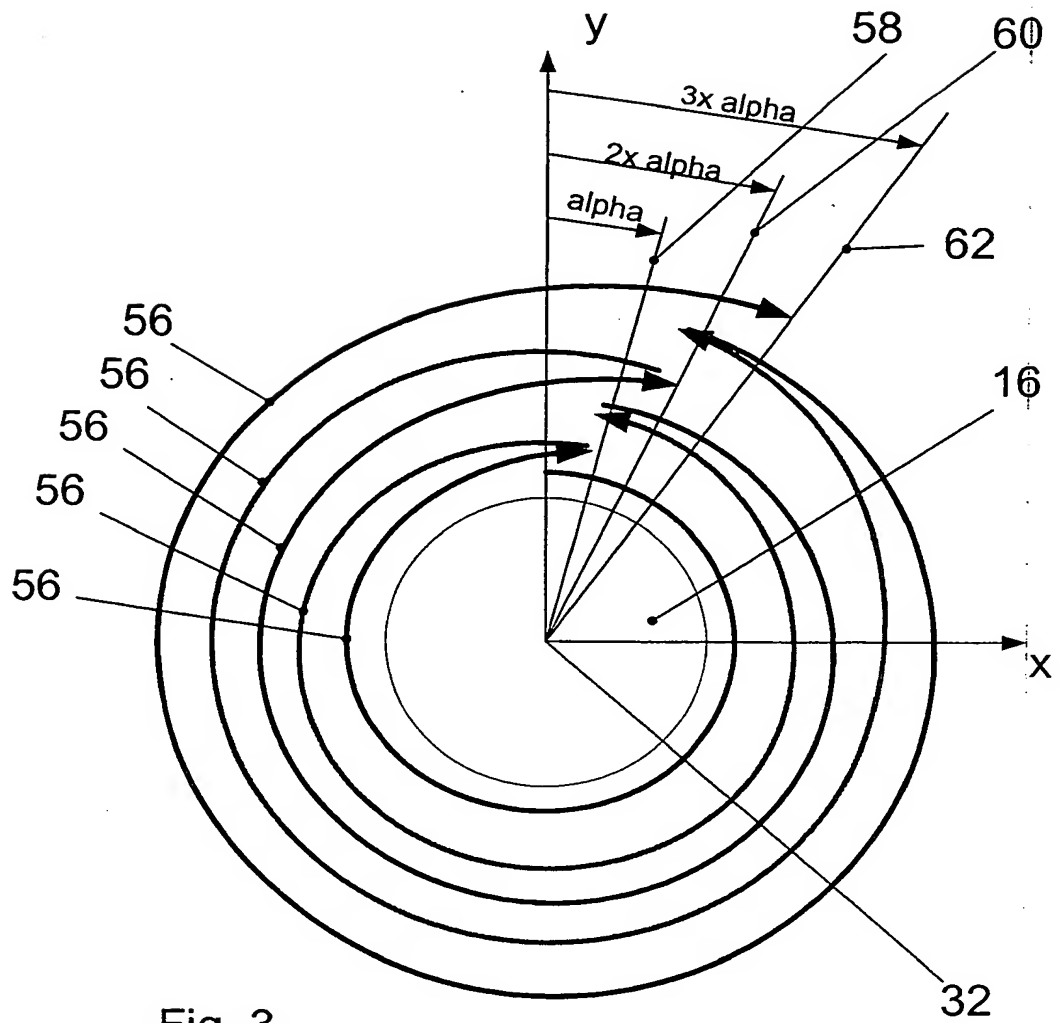


Fig. 3